

Universidade Federal do Rio Grande

UTILIZAÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA  
ESTRATIFICAR SEMENTES DE ARROZ

**Roberta Alves Branco Sá Costa**

2014



## UTILIZAÇÃO DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA ESTRATIFICAR SEMENTES DE ARROZ

**Roberta Alves Branco Sá Costa**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal  
do Rio Grande, como parte dos  
requisitos necessários à graduação  
em Engenharia Agroindustrial  
Agroquímica.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Fernanda Arnhold Pagnussatt

Santo Antônio da Patrulha

Julho de 2014

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ter me dado saúde e forças para enfrentar essa longa jornada.

Aos meus pais, Carlos e Siglia, e ao meu irmão, Mauro, pelo amor incondicional, apoio, incentivo e confiança. Sem o apoio de vocês minha caminhada seria em vão, vazia e sem amor. Luto por vocês, e se hoje estou aqui, é por vocês e para vocês, minhas grandes paixões.

Ao meu namorado, melhor amigo e grande amor, Ramiro, pelo apoio nas horas boas e ruins, pelo carinho e atenção, e pela enorme dedicação e paciência nos meus dias "ruins". Seu amor foi o que me manteve forte nos dias difíceis longe de casa, e é o que me dá forças para seguir sempre em frente.

À Nórís e ao Luis Paulo, por me receberem na casa de vocês com amor, carinho e dedicação. Muito obrigada Kika por ser mais que uma dinda, ser amiga, irmã e mãe, sempre me apoiando e incentivando para seguir em frente.

Aos meus amigos de Bagé, em especial à Caroline, que mesmo de longe sempre me ajudou e me manteve forte. E as minhas amigas e colegas de faculdade, Aline, Hortência e sobretudo a Paula, que compartilhou comigo as alegrias, tristezas e dores e será para sempre uma amiga única e especial.

Aos profissionais do Laboratório de Tecnologia de Sementes da FEPAGRO, que me acolheram e me ensinaram muito, em especial a Jane, a Maria Gertrudes, ao Gilson e ao Juarez, que sempre foi incansável comigo, me ajudando e apoiando no desenvolvimento deste trabalho.

À minha querida orientadora, Fernanda, por ter me aceitado com carinho, dedicação e muita paciência. Muito obrigada pela confiança depositada em mim. E ao Fábio, querido professor e coordenador, que sempre lutou pelos alunos do campus com carinho e determinação.

Aos meus animais de estimação, que são verdadeiros anjos de quatro patas, que alegam não só a mim, mas a toda minha família, nos mostrando sempre o verdadeiro amor. Agradeço também aos nossos bichos de estimação que não estão mais entre nós, mas que foram muito especiais e sempre estarão em nossas lembranças com muito amor e saudade.

A todos aqueles que, de alguma forma, estiveram comigo durante a faculdade e também aos que contribuíram para a realização deste trabalho e não estão nominalmente citados.

## RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o cereal mais popular no mundo e o Brasil está entre os dez principais países produtores dessa cultura. Em função disso, a determinação da qualidade fisiológica das sementes é realizada através de testes de germinação e vigor. Esses testes, apesar de eficazes, necessitam de um longo período de tempo para a obtenção dos resultados, sendo necessário o desenvolvimento de métodos rápidos e simples para a análise do vigor. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do teste de condutividade elétrica para estratificar os níveis de vigor em sementes de arroz da cultivar Puitá. Os lotes, definidos através dos testes de germinação, índice de velocidade de germinação e teor de água foram classificados em ótimo, bom, regular e ruim. Os métodos oficiais para análise do vigor utilizados foram primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado. Para o teste de condutividade elétrica foram analisados os efeitos da temperatura (20 °C e 25 °C) e do tempo (3 h e 24 h), utilizando-se 25 sementes e 80 mL de água deionizada. Os resultados foram analisados estatisticamente, através de ANOVA e Tukey ( $p < 0,05$ ) e a correlação de Spearman foi aplicada entre os testes de vigor avaliados. Os testes de primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado mostraram-se eficientes na estratificação dos lotes, nivelando-os nos quatro níveis distintos de qualidade. O teste de condutividade realizado à 25 °C e período de embebição de 24 h foi o mais eficiente na estratificação do vigor dos lotes analisados. Os métodos de primeira contagem da germinação e condutividade elétrica obtiveram correlação de 95,2% e os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica obtiveram correlação de 94,8%. Conforme verificado nesse trabalho, ficou evidenciado que o uso do teste de condutividade elétrica foi eficaz na análise da qualidade de sementes e mostrou-se uma ferramenta útil para garantir ao produtor rapidez e confiança na escolha da semente ideal para o plantio do arroz.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L. Estratificação. Vigor de Sementes. Método Rápido. Condutividade Elétrica.

## ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is the most popular cereal in the world and Brazil is among the top ten producer countries of this culture. Due to this, the determination of physiological seed quality is performed through seed germination and vigor tests. Despite of its efficiency, these tests require a long time for obtaining the results. It is necessary to develop faster and simpler methods for the vigor analysis. On this way, the aim of this study was to evaluate the efficiency of the electrical conductivity test to stratify levels of vigor in rice seeds from cultivar Puitá. The lots, defined by the germination test, germination speed index and water content were classified as great, good, regular and poor. Official methods for vigor analysis used were first germination count and accelerated aging. For the electrical conductivity test, the effects of temperature (20 ° C and 25 ° C) and time (3 h and 24 h) using 25 seeds and 80 mL of deionized water were analyzed. The results were statistically analyzed using ANOVA and Tukey ( $p < 0.05$ ) and the Spearman correlation was applied among the evaluated vigor tests. The first germination counting tests and accelerated aging were effective in lots stratification, leveling them in four different quality levels. The conductivity test performed at 25 °C and the soaking period of 24 h were the most effective in stratifying vigor of the analyzed lots. The methods of the first germination count and electrical conductivity have obtained correlation of 95.2% and accelerated aging tests and electrical conductivity have obtained correlation of 94.8%. As verified in this study, it was clear that the use of electrical conductivity test was effective in the quality seed analysis and showed to be an useful tool to ensure the producer more confidence and velocity in choosing the ideal seed for planting rice.

**Keywords:** *Oryza sativa* L. Stratification. Seed Vigor. Quick method. Electrical conductivity.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Dados médios do índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação e umidade dos quatro lotes de arroz da cultivar Puitá. -----	26
<b>Tabela 2</b> - Valores médios (%) dos resultados do teste da PCG e do teste de EA de quatro lotes de arroz da cultivar Puitá. -----	27
<b>Tabela 3</b> - Dados médios da condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) para quatro lotes de arroz da cultivar Puitá. -----	29
<b>Tabela 4</b> - Coeficientes de correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre os dados obtidos no teste de condutividade elétrica (CE), com diferentes combinações de temperatura e tempo, e os testes de primeira contagem da germinação (PCG) e envelhecimento acelerado (EA). -----	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo Geral	9
2.2 Objetivos Específicos	9
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
3.1 Arroz	10
3.2 Vigor	12
3.2.1 Primeira Contagem do Teste de Germinação (PCG)	15
3.2.2 Envelhecimento Acelerado (EA)	17
3.2.3 Condutividade Elétrica (CE)	19
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>23</b>
4.1 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)	23
4.2 Umidade das sementes	23
4.3 Germinação e Primeira Contagem do Teste de Germinação (PCG)	24
4.4 Teste de Envelhecimento Acelerado (EA)	24
4.5 Condutividade Elétrica (CE)	24
4.6 Análise Estatística	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
5.1 Avaliação inicial das sementes	26
5.2 Primeira Contagem da Germinação (PCG) e Envelhecimento acelerado (EA)	27
5.3 Condutividade Elétrica (CE)	29
5.4 Comparação entre os testes para avaliação do vigor das sementes	31
<b>6. CONCLUSÕES</b>	<b>33</b>
<b>7. TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o cereal mais popular no mundo, sendo considerado o alimento básico de metade da população mundial; proporcionando 27% da energia alimentar e 20% das proteínas diárias necessárias na alimentação (FAO, 2004).

O cereal é produzido em 113 países (FAO, 2004). O Brasil está entre os dez principais países produtores de arroz (EMBRAPA, 2005), sendo que na safra de 2012/2013, a produção chegou a 11,7 milhões de toneladas (IRGA, 2013). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) a estimativa é que na safra 2013/2014 o país tenha uma área cultivada de 2,4 milhões de hectares e uma produção de 12,5 milhões de toneladas de arroz (CONAB, 2014).

Apesar do crescimento da produtividade das lavouras de arroz, os rendimentos estão abaixo do potencial de produção da cultura (BARBIERI, 2011). Um dos cuidados mais importantes para o êxito na colheita é o uso de sementes de qualidade, que apresentem boa germinação e garantam índices de produtividade satisfatórios (SOUZA et al., 2005).

Para a determinação da qualidade das sementes são realizados testes de germinação e vigor. O teste de germinação retrata a máxima germinação de um lote de sementes sob condições favoráveis de crescimento. Já o teste de vigor expressa a porcentagem de germinação das sementes sob condições não ideais de cultivo, representando melhor a emergência das plântulas a campo quando comparado ao teste de germinação (MARCOS FILHO, 1999a).

Existem vários testes utilizados para determinar o vigor das sementes (MARCOS FILHO, 1999a). Entre eles, a primeira contagem do teste de germinação e o envelhecimento acelerado são muito utilizados; no entanto, demoram um tempo relativamente longo para a obtenção dos resultados (LOPES; FRANKE, 2010).

Segundo Dias e Marcos Filho (1996) o teste de condutividade elétrica possui grande potencial de uso para a determinação do vigor das sementes, em função da rapidez e simplicidade. O método baseia-se na quantidade de íons presentes na água de embebição, e quanto maior a lixiviação de solutos, menor a integridade das membranas celulares da semente (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987).

Estudos realizados por Gaspar e Nakagawa (2002), Dutra, Medeiros Filho e Teófilo (2006), Rodo et al. (1998) e Araújo et al. (2011) indicaram que o binômio temperatura-tempo empregado durante a realização do teste de condutividade elétrica deve ser avaliado em função do tipo da semente. Os resultados obtidos por esses



autores revelaram que a combinação de 25 °C por 2 h, 16 h, 4 h e 3 h foram ideias para avaliar a qualidade de sementes de milho, feijão caipó, tomate e feijão-mungo-verde, respectivamente.

Com base nos resultados encontrados na literatura, observou-se que o teste de condutividade elétrica poderá ser utilizado rotineiramente para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes, trazendo benefícios para as indústrias sementeiras, para os laboratórios de análises e para os agricultores. Para a cultura do arroz, algumas pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de determinar o melhor período de embebição e a temperatura mais adequada para estratificar de maneira eficiente lotes de sementes, utilizando-se testes bioquímicos (MENEZES; DA SILVEIRA; PASINATTO, 1994; LIMA, 1997; CAMPOS, 1998 e BARBIERI, 2011); no entanto, ainda não existe nenhuma metodologia padronizada para avaliar o vigor de sementes de arroz pelo teste de condutividade elétrica.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a eficiência do teste de condutividade elétrica na estratificação dos níveis de vigor em sementes de arroz da cultivar Puitá.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar qual o tempo e a temperatura ideal para a realização do teste de condutividade elétrica que distingue de maneira mais eficaz os lotes de qualidades diferentes;
- Identificar se há relação significativa entre o teste de condutividade elétrica e o teste da primeira contagem do teste de germinação;
- Identificar se há relação significativa entre o teste de condutividade elétrica e o teste de envelhecimento acelerado.

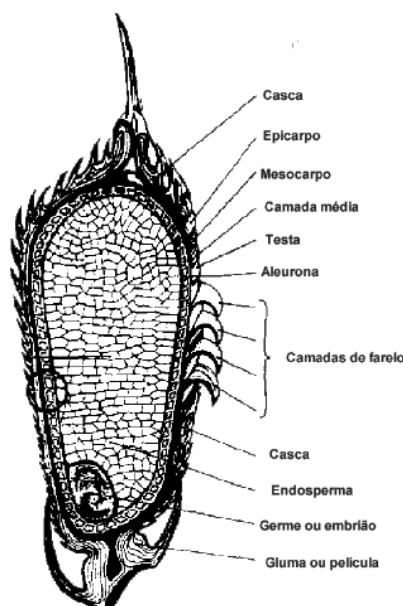
### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Arroz

O arroz pertencente ao gênero *Oryza* e a família *Poaceae*, o mesmo apresenta apenas duas espécies cultivadas e 21 espécies selvagens (KHUSH, 1997). A semente de arroz (Figura 1) constitui-se de casca, farelo, germe e endosperma. A casca representa 20% da semente, o farelo de 5 - 8%, o endosperma de 89 - 94% e o germe de 2 - 3% (HOSENEY, 1991).

O germe é o organismo vivo da semente, a partir do qual se desenvolve uma nova planta. É formado pelo escutelo, que permite a translocação de alimentos do endosperma para o interior do germe, pelo epiblasto, que originara a folha embrionária, pela plúmula, que representa o conjunto da gema apical e das folhas primárias, e pela radícula, que originara a raiz primária da planta (TUBON; AZEREDO, 1983).

Figura 1 - Semente de arroz.



Fonte: Hoseneý (1991).

O cereal é considerado um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, fornecendo 27% da energia e 20% da proteína *per capita* necessária ao ser humano (BALDIGA et al., 2007). É rico em amido, proteínas, açúcares, lipídios,

enzimas, vitaminas e minerais, que se encontram presentes em praticamente toda a semente (HOSENEY, 1991). Segundo a FAO (2004) é o alimento mais popular do mundo, considerado o alimento básico da metade da população mundial.

A Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI) cita que o arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, correspondendo a 29% dos grãos utilizados na alimentação humana. Além disso, a cultura ocupa aproximadamente uma área de 158 milhões de hectares, com uma produção de cerca de 662 milhões de toneladas de grãos (SOSBAI, 2012).

O consumo médio mundial do grão é de 60 kg/pessoa/ano, sendo que nos países asiáticos a média está entre 100 a 150 kg/pessoa/ano e na América Latina 30 kg/pessoa/ano; enquanto que no Brasil é consumido em média 45 kg/pessoa/ano (SOSBAI, 2012). De acordo com Azambuja, Verneti Jr e Magalhães Jr (2004), o cultivo do arroz está presente principalmente nos países em desenvolvimento. A Ásia ocupa a primeira posição em consumo e produção de arroz e a América do Sul é a segunda em produção e a terceira em consumo.

O Brasil é o nono do *ranking* entre os maiores produtores mundiais dessa cultura, cuja produção é oriunda de dois sistemas de cultivo: irrigado e sequeiro (EMBRAPA, 2005). Na safra de 2012/2013, a produção do país chegou a 11,7 milhões de toneladas de arroz (IRGA, 2013). A estimativa é que na safra 2013/2014 o país tenha uma área cultivada de 2,4 milhões de hectares e uma produção de 12,5 milhões de toneladas de arroz (CONAB, 2014).

O arroz é uma das culturas anuais mais importantes do país, correspondendo a cerca de 15 a 20% do total de grãos colhidos no Brasil (AZAMBUJA; VERNETTI Jr; MAGALHÃES Jr, 2004). O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, sendo responsável por 68,7% de toda a produção nacional na safra 2012/2013, colhendo 8.069.903 toneladas de arroz (IRGA, 2013).

De acordo com Barbieri (2011), a produtividade das lavouras de arroz está crescendo; no entanto, os rendimentos ainda estão abaixo do potencial de produção da cultura. O autor ainda destaca que para se obter sucesso na colheita da lavoura de arroz alguns cuidados são necessários, como o uso de insumos e técnicas modernas e eficientes. Dentre estes cuidados deve-se priorizar o uso de sementes de boa qualidade para que a germinação seja uniforme e as plantas vigorosas, resultando assim em uma melhor produtividade (SOUZA et al., 2005).

Os testes de germinação e vigor têm sido utilizados para determinar a qualidade fisiológica das sementes. O teste de germinação avalia o potencial de uma

amostra para germinar sob condições ótimas de ambiente e determina o máximo potencial das sementes em condições ideais e controladas (MARCOS FILHO, 1999a). Além disso, é um teste amplamente utilizado e tem como vantagem uma metodologia padronizada (BARBIERI, 2011). Já o teste de vigor fornece informações sobre o potencial das plântulas normais em emergir e se desenvolver sob ampla diversidade de condições ambientais (MARCOS FILHO, 1999a).

### 3.2 Vigor

A utilização do teste de vigor teve início com o desenvolvimento de teste padrão de germinação, com o objetivo de reproduzir a porcentagem de emergência das plântulas em solo (CARVALHO, 1994).

O vigor retrata o comportamento das sementes sob diversas condições ambientais, indicando o potencial fisiológico dos lotes de sementes e estima mais detalhadamente o desempenho de sementes à campo quando comparado ao teste de germinação (RODO et al., 1998).

De acordo com Marcos Filho (1999a), o vigor de sementes baseia-se em três objetivos básicos:

- I- Detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, sendo um complemento das informações fornecidas pelo teste de germinação;
- II- Distinguir com segurança os lotes de alto e baixo vigor;
- III- Classificar lotes em diferentes níveis de vigor, avaliando o comportamento quanto à emergência das plântulas, resistência ao transporte e potencial de armazenamento.

Ainda segundo o autor, não há grandes dificuldades para a compreensão dos objetivos básicos do vigor; no entanto, alguns problemas dificultam a avaliação do teste:

- I- Desenvolver apenas um teste que indique o potencial das sementes, expressando características distintas;
- II- Detectar quais características são avaliadas por determinado teste;
- III- Classificar os lotes das sementes, visto que a classificação pode variar de acordo com o teste utilizado, pois alguns testes são influenciados pelo genótipo.

IV- Quantificar o vigor, pois os resultados são comparativos e todas as características são não mensuráveis.

V- Padronizar a metodologia, visto que são muitos os fatores que afetam os resultados de cada teste de vigor.

Inúmeros testes de vigor podem ser desenvolvidos, desde que sejam simples, rápidos, de baixo custo, objetivos, reproduzíveis e principalmente, que seus resultados expressem a emergência das plântulas em campo (MARCOS FILHO, 1999a).

McDonald (1975) propõe uma classificação precisa e completa para os testes de vigor, o que permite a inclusão de novos métodos de análise, com o intuito de não se tornar desatualizada. Assim, os testes de vigor se distribuem da seguinte maneira:

I) Testes Físicos: avaliam aspectos morfológicos das sementes que influenciam no vigor.

- Tamanho das sementes
- Peso unitário das sementes
- Massa específica das sementes
- Coloração das sementes
- Teste de raios X

II) Testes Fisiológicos: determinam a atividade fisiológica específica.

- Classificação do vigor das plântulas
- Primeira contagem do teste de germinação
- Velocidade de germinação ou de emergência das plântulas
- Transferência de matéria seca
- Teste de exaustão
- Crescimento das plântulas

III) Testes Bioquímicos: avaliam alterações bioquímicas associadas ao vigor das sementes.

- Teste de respiração
- Teste de atividade da descarboxilase do ácido glutâmico (ADAG)

- Teste de tetrazólio
- Teste de condutividade elétrica
- Teste de lixiviação de potássio
- Teste dos aldeídos voláteis
- Teste dos ácidos graxos livres

IV) Testes de Resistência: avaliam o desempenho de sementes expostas a estresses.

- Germinação a baixas temperaturas
- Imersão em água quente
- Teste de submersão
- Imersão em solução osmótica
- Imersão em soluções tóxicas a semente
- Teste do tijolo moído (teste de Hiltner)
- Envelhecimento acelerado
- Teste de frio

Entre os testes mencionados acima, os mais importantes, de acordo com a Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) e International Seed Testing Association (ISTA, 1995) são:

- Taxa de crescimento de plântulas
- Classificação do vigor de plântulas
- Envelhecimento acelerado
- Teste de frio
- Teste do tijolo moído (teste de Hiltner)
- Teste de deterioração controlada
- Teste de tetrazólio
- Teste de tetrazólio na camada de aleurona
- Germinação a temperatura sub-ótima
- Condutividade Elétrica

O vigor, representado pela primeira contagem da germinação, e o vigor do envelhecimento acelerado são muito utilizados. No entanto, são necessários aproximadamente 15 a 20 dias para a análise completa (BRASIL, 2009). Os

agricultores não podem esperar esse período para a obtenção de um resultado confiável, pois dependem do clima para semear, e com a demora dos resultados da análise de qualidade, podem perder a melhor época para o plantio (DIAS; MARCOS FILHO, 1996).

Em função disso, surge a necessidade de desenvolver métodos que permitam a obtenção dos resultados em um curto espaço de tempo e que sejam confiáveis do ponto de vista analítico. O teste de condutividade elétrica atende essas características e apresenta grande potencial de uso.

Ribeiro et al. (2009) citam que o método é rápido e que poderá reduzir significativamente o tempo de análise do vigor da semente, trazendo benefícios para as indústrias e para os agricultores.

### **3.2.1 Primeira Contagem do Teste de Germinação (PCG)**

A germinação corresponde ao conjunto de processos associados com a fase inicial do desenvolvimento da estrutura da planta. Tradicionalmente, é o crescimento do embrião do eixo radicular, em sementes maduras de espermatófitas (CARDOSO, 2004).

O processo germinativo é iniciado com a embebição das sementes, pois quando as sementes são umedecidas, ocorre o desenvolvimento do embrião em função da ativação de seu metabolismo, até a formação de uma plântula normal (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

O desenvolvimento da plântula só irá ocorrer em uma semente quiescente, ou seja, uma semente viável e apta para germinar em condições favoráveis de meio ambiente. No entanto, algumas sementes mesmo em condições favoráveis poderão não germinar, sendo chamadas de sementes dormentes (COCUCCI; MARIATH, 2004). A dormência da semente causa um retardo no processo germinativo e pode afetar o zigoto, o embrião ou a semente como um todo e, para uma semente dormente germinar é necessário estímulos ambientais específicos para romper a dormência e reestabelecer as atividades vitais (CARDOSO, 2004).

A germinação se classifica quanto ao crescimento do hipocótilo, podendo ser epígea ou hipógea (FERREIRA et al., 1998). Na germinação epígea os cotilédones são elevados acima do solo através do alongamento do hipocótilo (DONADIO; DEMATTÊ, 2000). Já na germinação hipógea os cotilédones permanecem no solo e



dentro dos envoltórios da semente e o hipocótilo se alonga acima do solo (FERREIRA et al., 1998).

O processo germinativo das sementes é influenciado por alguns fatores, entre os quais estão os fatores extrínsecos ou ambientais como: água, luz, temperatura, oxigênio e os reguladores do crescimento vegetal (PEREZ; PRADO, 1993).

Souza (2009) cita que a presença de oxigênio é necessária para a respiração celular durante o processo de germinação. Se houver falta de oxigênio no ambiente, a respiração será inibida e a germinação não irá ocorrer. O oxigênio pode ser bloqueado pelo excesso de umidade no substrato.

Os reguladores do crescimento vegetal possuem uma função importante na quebra da dormência das sementes quando associado a outros fatores, como a luz. A presença de luz pode tanto induzir, como quebrar a dormência da semente, pois existem três grupos de sementes em relação a resposta quanto à presença ou não de luz: os que apresentam germinação indiferente à presença de luz; os que germinam melhor na presença de luz do que no escuro e os que germinam melhor na ausência de luz (CARDOSO, 2004).

A temperatura atua diretamente na velocidade de germinação das sementes, influenciando a porcentagem final da germinação, podendo tanto acelerar como retardar as reações bioquímicas do processo germinativo (MARCOS FILHO, 2005).

A água é considerada o fator que influencia de maneira mais significativa o processo germinativo das sementes, atuando como ativador dos processos bioquímicos e fisiológicos da germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). De acordo com Guimarães, Dias e Loureiro (2008) o grau de umidade exigido entre as espécies varia, sendo que para a família *Poaceae* é necessário entre 35 – 40% de umidade para que a germinação ocorra.

O teste de germinação é realizado com o objetivo de determinar o máximo potencial germinativo de um lote de sementes, podendo ser utilizado para comparar a qualidade de lotes diferentes e também para estimar o valor da semeadura no campo (BRASIL, 2009). Para sementes de arroz, o teste realizado em laboratório apresenta algumas especificações a serem seguidas:

- Substrato: as sementes podem ser colocadas em rolo de papel, sobre papel ou entre areia;

- Temperatura: deve ser de no mínimo 20 °C e no máximo 30 °C, sendo mais utilizada em torno de 25 °C;

- Superação da dormência: pode ser realizada através de quatro etapas:

- I) Pré-secagem à temperatura de 40 °C – 50 °C, por 96 h, em estufa com circulação de ar;
- II) Imersão das sementes em água a 42 °C por 24 h ou em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 16 h – 24 h, lavagem e semeadura;
- III) Pré-aquecimento das sementes a 50 °C e imersão em água ou em solução de  $\text{KNO}_3$  0,2%, por 24 h;
- IV) Usar o substrato mais úmido que o normal (se o substrato for papel, é normal utilizar um volume de água de 2 à 3 vezes maior que o peso do substrato).

- Contagem: a primeira contagem deve ser realizada no 5º dia após o plantio, e a última contagem deve ser realizada no 14º dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

O resultado obtido na PCG, realizada ao 5º dia após o plantio, para a cultura do arroz, representa o vigor da semente (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Queiroga, Castro e Gouveia (2005) avaliaram o vigor de sementes de algodão, e entre os testes utilizados, o teste da PCG obteve destaque por apresentar melhor porcentagem, resultando assim em sementes mais vigorosas. Já Menezes e Da Silveira (1995) utilizaram diferentes métodos na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de arroz, e o método da PCG obteve sucesso ao estratificar lotes de qualidades diferentes. Wrasse et al. (2009) também utilizaram o teste da primeira contagem da germinação para avaliar a qualidade de sementes de arroz; no entanto, o método mostrou-se pouco sensível para diferenciar os lotes em diferentes níveis de vigor.

O teste da PCG é o segundo método mais indicado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz, sendo superado apenas pelo teste de frio e ficando à frente do teste de envelhecimento acelerado (FRANCO; PETRINI, 2002).

### **3.2.2 Envelhecimento Acelerado (EA)**

Após a maturidade fisiológica, as sementes entram em um processo de envelhecimento ou deterioração. A partir do entendimento desse processo desenvolveram-se métodos para análise do vigor em sementes, em especial o teste de envelhecimento acelerado (CUSTÓDIO, 2005).

Com isso, o teste de envelhecimento acelerado baseia-se na taxa de deterioração das sementes, que é aumentada notavelmente por fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa. As amostras com baixo vigor, quando submetidas a níveis muito adversos de temperatura e umidade relativa, apresentam queda acentuada de sua viabilidade; já amostras com alto vigor submetidas ao “envelhecimento” são menos afetadas, apresentando uma germinação melhor, e consequentemente produzindo plântulas normais (MARCOS FILHO, 1999b).

Este teste é um dos mais utilizados e mais populares para a avaliação de vigor em sementes de diversas espécies, pois o mesmo possui a capacidade de externar informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995).

Existem alguns fatores que afetam o comportamento das sementes submetidas ao teste, e os principais são:

- Temperatura: a descrição do método cita a possibilidade do uso de temperaturas entre 40 °C – 45 °C, sendo que por muitos anos a temperatura predominante foi de 42 °C. No entanto, alguns pesquisadores citam que temperaturas acima de 41 °C podem promover efeitos mais drásticos no poder germinativo da semente do que o prolongamento do período de envelhecimento (TOMES; TEKRONY; EGLI, 1988).

- Período de exposição das sementes: apesar das inúmeras pesquisas em relação ao tempo de envelhecimento, os autores não entraram em concordância quanto aos períodos mais adequados para as sementes de algumas espécies. No entanto, algumas espécies como soja, sorgo, milho, entre outras, apresentam períodos indicados de exposição que variam de acordo com a cultivar (MELLO; TILLMANN, 1987; BARBIERI et al., 2012).

- Grau de umidade das sementes: as amostras comparadas no teste devem apresentar o mesmo grau de umidade antes de serem submetidas ao envelhecimento, um desvio de até 2% de umidade entre as amostras é aceitável (MARCOS FILHO, 1999b).

- Abertura da câmara durante o teste: a abertura da câmara externa, mesmo que por curtos períodos de tempo, prejudica o resultado do teste. Foi comprovado que ao abrir a câmara, o ar se resfria e condensa sobre as sementes, umedecendo as mesmas. Além disso, a temperatura demora alguns minutos para se reestabelecer (TOMES; TEKRONY; EGLI, 1988).

- Tratamento com fungicida: não é possível comparar os resultados de testes realizados com sementes tratadas e não tratadas, pois a comparação pode ser inconsistente (MARCOS FILHO, 1999b).

- Tamanho da amostra: não é recomendada a utilização de sementes em números, e sim em massa (ex.: para soja utiliza-se 40 g de sementes e para arroz 12 g de sementes). Com isso, busca-se minimizar o efeito do tamanho das sementes, pois as menores são mais sensíveis às condições de envelhecimento (MARCOS FILHO, 1999b).

- Genótipo: sempre que possível a comparação deve ser feita entre lotes de sementes de mesma cultivar, pois certas cultivares podem apresentar maior estresse ao envelhecimento do que outras (MARCOS FILHO, 1999b).

Dentre todos os fatores que podem afetar o comportamento das sementes durante o teste de envelhecimento acelerado, a relação temperatura/período de exposição é a mais estudada pelos pesquisadores (LIMA, 2005).

Menezes e Da Silveira (1995) citam que o envelhecimento acelerado é um dos testes de vigor mais utilizados para a cultura do arroz. Wrasse et al. (2009) também constataram que para avaliar o vigor de sementes de arroz, o teste mais indicado entre os analisados foi o do envelhecimento. Lima (2005) concluiu que o teste de envelhecimento é eficiente para diferenciar lotes de trigo quanto ao potencial fisiológico. Já Gaspar e Nakagawa (2002) não encontraram diferença significativa entre os lotes de sementes de milho analisadas no teste.

Os resultados encontrados com o teste de envelhecimento acelerado nem sempre são consistentes com a emergência à campo (MENEZES; DA SILVEIRA, 1995). Além disso, a combinação dos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica parecem ser os mais promissores para estudos futuros (HAMPTON; COOLBEAR, 1990).

### **3.2.3 Condutividade Elétrica (CE)**

A membrana celular das sementes sofre alterações até atingir sua maturidade fisiológica. Ao atingir a maturidade fisiológica ocorre a secagem da semente, e com um baixo teor de água as membranas celulares entram em processo de desorganização estrutural (BEWLEY, 1986).

De acordo com Hampton e TeKrony (1995) sementes armazenadas por um longo período de tempo, com membranas danificadas ou desorganizadas apresentam redução significativa do vigor. Ainda segundo o autor, por esse motivo, a integridade das membranas celulares é utilizada como um parâmetro para a avaliação do vigor das sementes.

O teste de condutividade elétrica baseia-se na quantidade de íons presentes na água de embebição. Quanto menor a integridade física da membrana da semente, maior será a lixiviação dos solutos citoplasmáticos liberados durante a embebição das mesmas, e com isso, maior será a condutividade elétrica (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987). Os solutos exsudados pelas membranas desestruturadas são: aminoácidos, proteínas, açúcares, ácidos orgânicos, e íons como  $K^+$ ,  $Na^{++}$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  (DIAS et al., 2006).

De acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999) existem alguns fatores que afetam o resultado do teste de condutividade elétrica, como:

- Características da semente: somente as sementes com características semelhantes devem ser analisadas; por este motivo, alguns fatores devem ser levados em conta:

I) Dano mecânico ou por inseto: devem ser removidas sementes com danos mecânicos no tegumento ou injuriadas por patógenos e/ou insetos;

II) Tamanho da semente: o tamanho da semente é um fator de extrema importância no teste, então deve-se buscar padronizar o tamanho das mesmas;

III) Genótipo: sementes de cultivares diferentes apresentam diferenças na espessura do tegumento e no teor de lignina no tegumento. Com isso, busca-se analisar amostras de mesma cultivar;

IV) Teor de água da semente: a padronização do teor de água na semente é importante para se obter resultados uniformes,

V) Tratamento químico da semente: deve-se evitar comparar amostras de sementes tratadas e não tratadas, pois as diferenças encontradas poderão ser atribuídas aos tratamentos aplicados e não ao vigor propriamente;

- Características próprias da metodologia: o operador do teste deve ser o mais preciso possível para evitar erros. Para isso, alguns cuidados na resolução do teste devem ser tomados:

- I) Número de semente e de repetição: quanto menor o número de repetições e de sementes por repetição, maior será a variabilidade dos resultados;
- II) Temperatura de embebição e de avaliação: a temperatura de embebição influencia a quantidade e a velocidade de lixiviação, visto que a temperatura de avaliação pode ter efeito direto e significativo sobre os resultados da condutividade;
- III) Tempo de embebição: para sementes grandes recomenda-se um tempo de embebição de 24 h, e para sementes pequenas o tempo de embebição pode ser bem menor, dependendo da espécie;
- IV) Outros fatores: qualidade e volume da água, assim como o tamanho dos recipientes usados para a embebição das sementes, podem influenciar no resultado da condutividade. Em relação à água, deve-se utilizar água deionizada e/ou destilada, para eliminar os interferentes do teste (íons presentes na água).

O teste de condutividade elétrica pode ser realizado de duas formas, massal e individual. No método massal, é analisada uma amostra de sementes, obtendo-se como resultado a média da condutividade elétrica das sementes em solução; já na forma individual, analisa-se a quantidade de lixiviados em apenas uma semente por vez (BARBIERI, 2011).

Vieira e Krzyzanowski (1999) citam que o teste de condutividade elétrica apresenta resultados semelhantes à emergência das plântulas em campo e capacidade de estratificar lotes de sementes de diferentes níveis de qualidade. RODO et al. (1998) destacam que o método é simples, objetivo e rápido, além disso, é de fácil execução, sem grandes despesas em equipamentos e treinamento dos operadores. Krzyzanowski, Vieira e Neto (1999) afirmam que o método é um excelente complemento ao teste de germinação.

Inúmeras pesquisas constataram que o teste de condutividade elétrica possui potencial para ser utilizado rotineiramente nos laboratórios de análise de sementes no Brasil (KRZYZANOWSKI; MIRANDA, 1990). Em alguns laboratórios na Alemanha e na Inglaterra, o uso do teste já é usual como complemento do teste de germinação (ANDRADE et al., 1995). Atualmente, há diversas pesquisas em torno do emprego do teste para diversas culturas com o objetivo de padronização (RIBEIRO et al., 2009).

O teste de condutividade elétrica como indicador de vigor já é padronizado para sementes de ervilha e soja (AOSA, 2002). Para sementes de tomate, Rodo et al. (1998) concluíram que o teste de condutividade elétrica permitiu a separação dos lotes de maneira eficiente à 25 °C em 4 h. Gaspar e Nakagawa (2002) mostraram que à 25

°C e 2 h de embebição, o teste foi eficiente para avaliar o vigor em sementes de milho. Já Lopes e Franke (2010) verificaram que o método foi promissor na avaliação da qualidade de sementes de aveia à 25 °C em 1 h.

Alguns estudos foram realizados utilizando-se o método da condutividade elétrica para a cultura do arroz (MENEZES; DA SILVEIRA; PASINATTO, 1994; LIMA, 1997; CAMPOS, 1998; BARBIERI, 2011), porém, não há uma metodologia padronizada para a espécie. Em função disso, o desenvolvimento de uma metodologia para aplicação do teste de CE no arroz trará inúmeros benefícios tanto para os laboratórios de análise, em virtude da rapidez e da facilidade de execução do método, como para os agricultores, com o rápido resultado da análise (BARBIERI, 2011), o que permitirá melhorias em todos os setores da cadeia produtiva do cereal em estudo.

## 4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes (LTS) da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), na cidade de Porto Alegre/RS.

Foram realizadas análises de umidade, germinação e índice de velocidade de germinação para determinar a qualidade dos lotes a serem utilizados para a realização dos testes de vigor. Todos os lotes de arroz analisados são da cultivar Puitá.

O experimento foi constituído por três testes de vigor: primeira contagem do teste de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A primeira contagem do teste da germinação e o teste de envelhecimento acelerado foram realizados de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### 4.1 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado conjuntamente com o teste de germinação. Foram realizadas contagens intermediárias, entre o 5º e o 14º dia após o plantio, nos lotes colocados para germinar.

O IVG foi calculado pela Equação 1, sugerida por Maguire (1962).

$$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i} \quad (1)$$

Onde:  $G_i$  é o número de sementes germinadas no  $i$ -ésimo dia,  $N_i$  é o número de dias decorridos do início do plantio até o  $i$ -ésimo dia e  $n$  é o último dia da contagem.

### 4.2 Umidade das sementes

A umidade das sementes foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C, por um período de 24 h, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foram utilizadas 50 sementes de cada lote em estudo para a determinação da umidade (DIAS; VIEIRA; BHÉRING, 1998).



### **4.3 Germinação e Primeira Contagem do Teste de Germinação (PCG)**

Para o teste de germinação, 200 sementes de cada amostra foram subdivididas em quatro repetições de 50 sementes; as mesmas foram semeadas entre papel umedecido com água destilada, a proporção de água destilada foi equivalente a duas vezes e meia a massa do substrato. As sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação tipo Mangelsdorf à temperatura de aproximadamente 25 °C (BRASIL, 2009).

As contagens do teste de germinação foram realizadas no 5º e no 14º dia após o plantio. Foram consideradas normais as plântulas que apresentaram sistema radicular bem formado e coleóptilo perfeito, com a plúmula bem desenvolvida (BRASIL, 2009).

A primeira contagem realizada ao 5º dia após o plantio representa o vigor da semente pelo teste denominado de PCG.

### **4.4 Teste de Envelhecimento Acelerado (EA)**

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado através da adição de 40 mL de água destilada às caixas plásticas do tipo gerbox, e logo após adicionou-se uma camada única de sementes (aproximadamente 12g) às caixas que foram distribuídas uniformemente sobre a tela de alumínio. As caixas foram submetidas a uma temperatura de 42 °C por um período de 72 h em uma câmara de germinação tipo Mangelsdorf (VIEIRA; CARVALHO, 1994; CRUSCIOL et al. 2002; BALDIGA et al. 2007).

Após o envelhecimento, 200 sementes foram subdivididas em 4 repetições de 50 sementes que foram plantadas entre papel e levadas à câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) à temperatura de 25 °C.

As contagens dos testes realizados através do envelhecimento acelerado foram realizadas no 5º e no 7º dia após a semeadura e foram consideradas apenas plântulas normais nas respectivas contagens (WRASSE et al., 2009).

### **4.5 Condutividade Elétrica (CE)**

Para a realização do teste de condutividade elétrica massal 200 sementes de cada amostra foram subdivididas em 8 repetições de 25 sementes; onde 4 repetições

foram mantidas à temperatura de 20 °C e as outras à 25 °C, para avaliar o efeito da variação da temperatura no resultado do teste.

Primeiramente, as sementes foram contadas e pesadas. Em seguida, cada repetição foi encharcada em um béquer contendo 80 mL de água deionizada. As sementes foram mantidas à temperatura de 20 °C (SMIDERLE et al., 1997; SILVEIRA; MORAES; LOPES, 2000; LIMA et al., 2005) e 25 °C (VIERA; CARVALHO, 1994) em câmara de germinação do tipo BOD.

Após 3 h de encharcamento, foi realizada a primeira leitura no condutivímetro (Digimed, modelo DM-31), a segunda leitura foi realizada 24 h após o início do processo. Tanto para o período de 3 h após o encharcamento quanto para 24 h após, houve a leitura de uma amostra padrão contendo apenas água deionizada.

A CE, expressa em microsiemens por centímetro ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ), de cada repetição foi calculada pela Equação 2:

$$CE = \frac{\text{valor da amostra} - \text{valor padrão}}{\text{peso da amostra}} \quad (2)$$

#### 4.6 Análise Estatística

Os dados percentuais encontrados no teste da primeira contagem da germinação e no teste do envelhecimento acelerado foram transformados em arco seno ( $\sqrt{x/100}$ )\*180/ $\pi$ , com o objetivo de verificar a diferença estatística entre os dados.

Para comparação da qualidade entre os diferentes lotes, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) dos dados, e foi aplicado o teste de Tukey com 95% de confiança para separação das médias.

Também foram realizadas análises entre o teste de CE e entre os testes de PCG e EA. A correlação entre os testes foi determinada pelo coeficiente de correlação de Spearman e da avaliação da sua significância, através do teste t de Student com 95% de confiança.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação inicial das sementes

O teste de germinação, o teor de água (umidade) e o índice de velocidade de germinação foram avaliados nos quatro lotes de sementes de arroz da cultivar Puitá. Todos os testes foram realizados com o objetivo de aferir o potencial fisiológico dos lotes utilizados neste trabalho (Tabela 1).

**Tabela 1** - Dados médios do índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação e umidade dos quatro lotes de arroz da cultivar Puitá.

Lote	IVG*	Germinação (%)*	Umidade (%)*
1	9,03 ± 17,7 <sup>A</sup>	95 ± 17,7 <sup>A</sup>	9,5
2	7,09 ± 11,2 <sup>B</sup>	80 ± 11,2 <sup>B</sup>	10,0
3	4,11 ± 5,3 <sup>C</sup>	54 ± 5,3 <sup>C</sup>	9,3
4	1,46 ± 2,4 <sup>D</sup>	22 ± 2,4 <sup>D</sup>	9,8

\* Médias ± desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey com 95% de confiança, na mesma coluna.

Os quatro lotes escolhidos para a realização dos experimentos diferiram entre si pelo teste de germinação e pelo IVG, de acordo com a Tabela 1. Os lotes foram estratificados em quatro níveis de qualidade distintos, sendo o lote 1 de germinação ótima (95%), o lote 2 de germinação boa (80%), o lote 3 de germinação regular (54%) e o lote 4 de germinação ruim (22%).

De acordo com Marcos Filho (1999a), o uso de lotes com qualidades fisiológicas diferentes é necessário para o desenvolvimento de metodologias para a avaliação do vigor, pois esse teste deve ser eficiente na identificação de diferentes potenciais fisiológicos.

O lote de melhor qualidade pelo teste de germinação (lote 1) também foi considerado o lote com maior IVG, e assim respectivamente para todos os outros lotes analisados. Ambos os testes estratificaram os lotes na mesma sequência de qualidade.

Crusciol et al. (2002) avaliando a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de arroz das cultivares IAC 201 e Carajás encontraram resultados semelhantes ao aplicar os testes de primeira contagem da germinação (PCG) e IVG, não sendo constatadas diferenças significativas entre eles. Já Torres e Santos (1994) analisando a dormência de sementes de *Acacia senegal* e *Parkinsonia aculeata* não encontraram diferença significativa entre os lotes analisados pelo teste de germinação. Através do teste de IVG, foi encontrada diferença significativa entre os lotes. Ribas, Fossati e Nogueira (1996) estudando a superação da dormência de sementes de *Mimosa bimucronata* verificaram que a análise do IVG permitiu evidenciar melhor as diferenças entre os tratamentos em relação ao teste de germinação.

Neste trabalho foi observado que o teor de umidade dos lotes armazenados em câmara de conservação variou de 9,3% a 10%. A literatura indica que o teor de umidade das sementes que serão submetidas ao teste de envelhecimento acelerado deve apresentar uma variação de até 2% de umidade (MARCOS FILHO, 1999b), e no caso deste trabalho, foi verificado variação de 0,7%. A determinação do teor de umidade é fundamental para a padronização de testes e obtenção de resultados confiáveis (LOEFFLER; TEKRONY; EGLI, 1988) e por isso foi um dos métodos usados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes.

## 5.2 Primeira Contagem da Germinação (PCG) e Envelhecimento acelerado (EA)

Com relação aos dados da Tabela 2, tanto o teste da PCG quanto o teste de EA apresentaram resultados que diferiram significativamente entre os lotes, indicando que ambos mostraram-se eficientes na estratificação de sementes de arroz em quatro níveis distintos de vigor.

**Tabela 2** - Valores médios (%) dos resultados do teste da PCG e do teste de EA de quatro lotes de arroz da cultivar Puitá.

Lote	Vigor	PCG *	EA *
1	Ótimo	66,71 ± 6,9 <sup>A</sup>	62,04 ± 2,6 <sup>A</sup>
2	Bom	46,91 ± 4,1 <sup>B</sup>	42,70 ± 7,2 <sup>B</sup>
3	Regular	27,97 ± 1,0 <sup>C</sup>	34,84 ± 3,6 <sup>C</sup>
4	Ruim	9,26 ± 1,6 <sup>D</sup>	8,13 ± 1,0 <sup>D</sup>

\* Média  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey com 95% de confiança, na mesma coluna.

Os lotes foram nivelados em relação à distinção da qualidade de maneira idêntica pelos dois testes. Nos testes da PCG e do EA, o lote que apresentou melhor vigor, e conseqüentemente melhor qualidade, foi o lote classificado como ótimo quanto à porcentagem de germinação. Dias, Vieira e Bhéring (1998) avaliaram o vigor de sementes de feijão-de-vagem e quiabo e encontraram resultados iguais estatisticamente entre os testes de PCG e EA. Lopes e Franke (2010) observaram a qualidade fisiológica de sementes de azevém e verificaram uma forte relação entre os testes de PCG e EA, sendo que entre todos os lotes analisados, apenas um foi classificado de forma diferente pelos testes aplicados. Resultado inverso foi observado por Araújo et al. (2011), pois na avaliação do vigor de sementes de feijão-mungo-verde pelo teste de PCG não encontraram diferença entre os lotes e com o teste de EA, a estratificação dos lotes foi mais sensível.

O teste de PCG quando utilizado em lotes de sementes com grande diferença de qualidade, apresenta-se como um ótimo indicador de vigor, principalmente pela facilidade de sua execução (POPINIGIS, 1985). O teste de envelhecimento acelerado é um dos mais eficientes na avaliação do vigor, pois está diretamente relacionado com o potencial de conservação e com a qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO, 1999b). Essas afirmativas reforçam a idéia de que os métodos tradicionais de análise de vigor são eficazes na determinação da qualidade; o que permitirá a aplicabilidade da semente na lavoura da melhor forma possível. No entanto, o fator limitante dessa metodologia é o tempo para a detenção do resultado final.

A qualidade fisiológica de sementes de arroz das cultivares IAC 201 e Carajás também foi avaliada e os resultados indicaram que houve diferença significativa entre os lotes pelo teste de EA e PCG (CRUSCIOL et al., 2002). No entanto, ao estudar a qualidade de sementes de arroz da cultivar BRS Querência, a estratificação foi alcançada apenas com o método de PCG (BALDIGA et al., 2007). Dessa forma, fica evidenciada a susceptibilidade de cada cultivar em relação às diferentes metodologias aplicadas nos testes analíticos de qualidade de sementes.

### 5.3 Condutividade Elétrica (CE)

Os resultados encontrados no teste de condutividade elétrica são inversamente proporcionais à qualidade fisiológica das sementes. Quanto maior a leitura do condutivímetro, mais danificada é a membrana celular e maior a lixiviação de solutos das sementes para o meio aquoso (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Dessa forma, quanto maior o valor obtido pelo condutivímetro, menos vigoroso é o lote de sementes em estudo.

Ao analisar diferentes condições de condução do teste de CE (Tabela 3), foi observado que ocorreu diferença significativa nas condições do binômio temperatura-tempo para a maioria dos lotes analisados. Considerando apenas o tempo como um fator do teste, foi verificado que o período de 3 h foi mais adequado para a realização do teste de CE quando comparado ao período de 24 h, pois não apresentou diferença significativa entre os lote analisados, exceto para o lote 2.

**Tabela 3** - Dados médios da condutividade elétrica massal ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) para quatro lotes de arroz da cultivar Puitá.

Lote	Vigor	CE *			
		20 °C 3 h	20 °C 24 h	25°C 3 h	25 °C 24 h
1	Ótimo	3,32 $\pm$ 0,35 <sup>A 1</sup>	9,25 $\pm$ 0,46 <sup>A 2</sup>	4,63 $\pm$ 0,40 <sup>A 1</sup>	16,33 $\pm$ 1,98 <sup>A 3</sup>
2	Bom	2,95 $\pm$ 0,71 <sup>A 1</sup>	13,23 $\pm$ 0,39 <sup>B 3</sup>	7,16 $\pm$ 1,02 <sup>B 2</sup>	18,21 $\pm$ 1,68 <sup>A 4</sup>
3	Regular	6,22 $\pm$ 0,85 <sup>B 1</sup>	12,04 $\pm$ 1,16 <sup>AB 2</sup>	7,65 $\pm$ 1,23 <sup>B 1</sup>	24,76 $\pm$ 1,58 <sup>B 3</sup>
4	Ruim	6,30 $\pm$ 0,30 <sup>B 1</sup>	20,68 $\pm$ 2,28 <sup>C 2</sup>	7,14 $\pm$ 0,89 <sup>B 1</sup>	30,15 $\pm$ 2,21 <sup>C 3</sup>

\* Média  $\pm$  desvio padrão. Letras distintas na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre os lotes, pelo teste de Tukey com 95% de confiança. Números diferentes indicam que houve diferença significativa entre as linhas, pelo teste de Tukey com 95% de confiança.

O teste de condutividade elétrica realizado à temperatura de 20 °C com período de embebição de 3 h estratificou os lotes analisados em apenas dois níveis de vigor. Nessas condições de temperatura e tempo, não houve diferença significativa entre os lotes de ótima e boa germinação (lotes 1 e 2, respectivamente) e entre os lotes de germinação regular e ruim (lotes 3 e 4, respectivamente).

O teste de condutividade elétrica realizado à temperatura de 20 °C com período de embebição de 24 h estratificou os quatro lotes analisados em três níveis distintos

de vigor, no entanto, os lotes 1 e 3 não apresentaram diferença significativa entre si, assim como os lotes 2 e 3. Já o teste realizado à temperatura de 25 °C com período de embebição de 3 h apresentou o pior resultado, estratificando os quatro lotes de vigor em apenas dois níveis, diferenciando apenas o lote de germinação ótima (lote 1).

O teste de condutividade realizado à temperatura de 25 °C e período de embebição de 24 h foi o mais eficiente, estratificando os lotes em três diferentes níveis de vigor, onde apenas o lote de germinação ótima (lote 1) e o lote de germinação boa (lote 2) não diferiram significativamente entre si. O teste se mostrou eficiente na estratificação de lotes de nível de germinação regular e ruim, sendo o que obteve resultados mais próximos aos observados nos testes de PCG e EA. A maior eficiência do teste à temperatura de 25 °C em relação à 20 °C também foi observada por Rodo et al. (1998), quando estes autores verificaram que o teste realizado a temperatura de 25 °C se mostrou mais eficaz para estratificar sementes de tomate. Baldiga et al. (2007) estudando diferentes cultivares de arroz concluiu que o teste de CE realizado à 20 °C com período de embebição de 24 h não se mostrou eficiente para estratificar sementes de qualidades diferentes.

Lima (2005) concluiu que para avaliar o potencial fisiológico de sementes de trigo, o teste de condutividade elétrica se mostrou mais promissor à 25 °C com período de embebição de 18h. Ribeiro et al. (2009) constataram que um período de 24 h a 35°C foi suficiente para a diferenciação de lotes de sementes de milho-pipoca.

Foi possível verificar que houve um aumento progressivo das leituras do condutímetro com o decorrer do tempo de imersão nas temperaturas de 20 °C e 25 °C. Esse aumento também foi observado por Loeffler, Tekrony e Egli (1988), Marcos Filho et al. (1990), Dias e Marcos Filho (1996), Dias, Vieira e Bhéring (1998), Rodo et al. (1998), Lima (2005) e Barbieri (2011) e pode ter ocorrido em função do maior tempo de contato entre as sementes e o meio aquoso e também pelo aumento da temperatura, o que ocasionou uma maior lixiviação de solutos da semente para a solução, elevando a concentração de eletrólitos no meio (LIMA, 2005; RIBEIRO et al., 2009).

Segundo Murphy e Noland (1982), o aumento da CE é proveniente de algumas alterações nas propriedades da água, que ocorrem devido ao acréscimo da temperatura de embebição das sementes. A elevação da temperatura altera a viscosidade da água, o que eleva os valores de condutividade, pois aumenta a energia de ativação das moléculas, acelerando a liberação e aumentando a quantidade de eletrólitos lixiviados (VIEIRA; CARVALHO, 1994). No entanto, Hampton (1995)

salienta que apesar de provocar o aumento do valor da CE, a temperatura não influencia a qualidade do lote analisado e não altera a sua classificação em relação à qualidade fisiológica.

De uma maneira geral, é possível afirmar que o teste de CE é um bom indicador na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de forma rápida e eficaz. No entanto, cabe ressaltar que esse teste deve ser submetido às técnicas de validação para garantir a confiabilidade dos resultados analíticos e se tornar um procedimento seguro e aplicável nos laboratórios de sementes.

#### 5.4 Comparação entre os testes para avaliação do vigor das sementes

Os resultados dos testes de condutividade elétrica (CE), primeira contagem da germinação (PCG) e envelhecimento acelerado (EA) foram relacionados através da determinação do coeficiente de correlação de Spearman (Tabela 4). O método de Spearman é uma medida de correlação não paramétrica onde busca-se obter uma medida de intensidade da relação entre os dados de cada teste (OHLSON, 2009; TRIOLA, 2011).

As correlações encontradas entre os testes foram negativas em função da relação inversa entre os testes de CE, PCG e EA. Quanto menor o valor lido no condutímetro, melhor é a qualidade do lote de sementes analisados. Quanto maior o valor encontrado na PCG e maior a contagem do teste de EA, melhor é o lote analisado (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

**Tabela 4** - Coeficientes de correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre os dados obtidos no teste de condutividade elétrica (CE), com diferentes combinações de temperatura e tempo, e os testes de primeira contagem da germinação (PCG) e envelhecimento acelerado (EA).

	CE *			
	20 °C - 3 h	20 °C - 24 h	25 °C - 3 h	25 °C - 24 h
<b>PCG</b>	-0,861	-0,818	-0,648	-0,952
<b>EA</b>	-0,767	-0,915	-0,676	-0,948

\* Correlação significativa a 5% pelo teste t.

A combinação de 25 °C e 3 h no teste de condutividade elétrica foi a que apresentou uma menor correlação significativa com os testes de PCG e EA. Esse resultado é coerente com os resultados encontrados no teste de condutividade



elétrica, onde esse binômio temperatura-tempo estratificou os lotes analisados em apenas dois níveis distintos de qualidade.

O teste de condutividade elétrica realizado a 25 °C e 24 h de imersão foi o que obteve uma melhor correlação significativa entre os testes de PCG e EA. A correlação entre o teste de condutividade elétrica e a PCG foi  $\rho = -0,952$  (95,2%) e a correlação entre o teste de condutividade elétrica e o EA foi de  $\rho = -0,948$  (94,8%). As correlações encontradas à 25 °C e 24 h são altamente significativas. Segundo Markus (1973), valores iguais ou superiores a 0,6 são considerados aceitos para associação entre testes correlacionados.

Menezes, Da Silveira e Pasinato (1994) determinando a eficiência de diferentes métodos na avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de arroz das cultivares BR-IRGA 409 e BR-IRGA 410 encontraram uma correlação de 0,9% entre o teste de CE e o teste de PCG. Correlação entre o teste de CE e o teste de EA na análise da qualidade fisiológica para a cultura do arroz não foi encontrada na literatura. Binotti et al. (2008) utilizando o teste de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de feijão obtiveram uma correlação de 96,6% entre o teste de CE e o teste de EA. Carvalho et al. (2009) avaliando o vigor de sementes de soja de diferentes cultivares encontraram correlação média de 87,9% entre os testes de CE à 25 °C e 24 h e o teste de EA. Rodo, Tillmann e Villela (1998) avaliando o potencial fisiológico de sementes de tomate da cultivar IAC não encontraram correlação significativa entre o teste de CE e o teste de EA. No entanto, avaliando sementes de tomate da cultivar KADA encontraram correlação significativa de 72,5% entre o teste de CE e o teste EA.

Correlação significativa de 72% entre o teste da PCG e o teste de CE (25 °C em 24 h) foi encontrada para sementes de sorgo (VAZQUEZ; BERTOLIN; SPEGIORIN, 2011). Para sementes de soja foi observada correlação significativa entre os testes de CE (25 °C e 24 h) e o teste de PCG, com valor médio de 82% para as cultivares Doko-RC, Cristalina, Emgopa-312 e CAC-1 (CARVALHO et al. 2009). A qualidade fisiológica de sementes de cenoura também foi avaliada e a correlação obtida foi de apenas 38% entre o teste de CE e o teste de PCG (LOPES et al. 2011).

A dificuldade para padronizar o teste de CE admite supor que fatores diversos podem alterar os resultados do teste, e dessa forma, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Isso pode ocasionar uma baixa correlação e prejudicar a eficiência do método (MENEZES; DA SILVEIRA; PASINATTO, 1994).

É importante ressaltar que a aplicação do teste de CE é considerável para agilizar os resultados e permitir uma análise eficiente sobre o vigor das sementes. Além disso, as condições ideais de realização do método, em função dos fatores temperatura e tempo para cada tipo de amostra devem ser respeitadas. Conforme verificado nesse trabalho, ficou evidenciado que o uso de testes rápidos, como a CE, é eficaz na análise da qualidade de sementes e são ferramentas úteis que garantem ao produtor rapidez e confiança na escolha da semente de alta qualidade e ideal para o plantio do arroz.

## 6. CONCLUSÕES

A avaliação inicial das sementes possibilitou a identificação de quatro lotes com diferentes qualidades, com valores de 95%, 80%, 54% e 22% de germinação.

A condição mais adequada para a realização do teste de condutividade elétrica foi encontrada com a temperatura de 25 °C e com um tempo de embebição de 24 h. O teste realizado nessas condições de temperatura-tempo apresentou uma correlação altamente significativa com os testes de primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado, tradicionais para avaliação do vigor.

O teste de condutividade elétrica realizado nas condições adequadas apresentou-se promissor para análises de vigor em sementes de arroz da cultivar Puitá, possibilitando agilizar o resultado e garantir as condições ideais para o cultivo.

## 7. TRABALHOS FUTUROS

Validar o método de condutividade elétrica através dos parâmetros: exatidão, precisão, especificidade e sensibilidade para garantir a confiabilidade do método analítico utilizado neste trabalho.

Verificar a ação das enzimas  $\alpha$  e  $\beta$  amilase na qualidade das sementes de arroz com diferentes teores de germinação como um método alternativo na avaliação do vigor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Rosa Neli de et al. Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n. 2, p. 153-162, março. 1995.

ARAÚJO, Roberto Fontes et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 123-130, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: Contribution 32, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS (AOSA). **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: Contribution 32, 2002.

AZAMBUJA, Isabel Helena Verneti; VERNETTI Jr, Francisco de Jesus; MAGALHÃES Jr, Ariano Martins de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, Algenor da Silva; MAGALHÃES Jr, Ariano Martins de. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. Cap. 1. P. 23-44.

BALDIGA, Rosane Fátima et al. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2007, Pelotas. **Utilização de testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Pelotas: UFPEL, 2007.

BARBIERI, Ana Paula Piccinin et al. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1 p. 117 - 124, 2012.

BARBIERI, Ana Paula Piccinin. **Determinação do potencial fisiológico de sementes de arroz baseado na integridade das membranas celulares**. Santa Maria: UFSM, 2011. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

BEWLEY, J. Derek. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration is storage. In: MCDONALD Júnior R.; NELSON, Collins J. **Physiology of seed deterioration**. Madison: CSSA, 1986. P. 27-45.

BINOTTI, Flávio Ferreira da Silva et al. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Brasília: Mapa/Assessoria de Comunicação Social, 2009.

CAMPOS, Vitor César de. **Metodologia do teste de frio para avaliação de qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado**. Pelotas: UFPEL, 1998. 64 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

CARDOSO, Vitor José Mendes. Germinação. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. Cap. 17. P. 386-404.

CARVALHO, Luzineide F. de et al. Teste rápido de condutividade elétrica e correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 239-248, 2009.

CARVALHO, Nelson Moreira; NAKAGAWA, João. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CARVALHO, Nelson Moreira. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, Roberval Daiton; CARVALHO, Nelson Moreira. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. P. 1-30.

COCUCCI, Alfredo Élio; MARIATH, Jorge Ernesto de Araújo. Gametogênese, Fecundação, Seleção do Gametófito mais apto, Embriogênese e Diásporo maduro. In: FERREIRA, Alfredo Gui; BORGHETTI, Fabian. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed S.A., 2004. Cap. 1. P. 15 - 30.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2013/14, n. 5 – Quinto Levantamento**. Brasília: Conab, 2014.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de arroz de terras altas em dois sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1569-1574, 2002.

CUSTÓDIO, Ceci Castilho. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 29-41, set. 2005.

DIAS, Denize Cunha Fernandes dos Santos et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor em sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 154-162, 2006.

DIAS, Denise Cunha Fernandes dos Santos; MARCOS FILHO, Júlio. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 1-11, jan./abril. 1996.

DIAS, Denise Cunha Fernandes dos Santos; VIEIRA, Alessandro Nunes; BHÉRING, Maria Carmen. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão-de-vagem e quiabo. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 20, n. 2, p.170-175, 1998.

DONADIO, Nicole Maria Marson; DEMATTÊ, Maria Esmeralda Soares Payão. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth.) - Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p.64-73, 2000.

DUTRA, Alek Sandro; MEDEIROS FILHO, Sebastião; TEÓFILO, Elizita Maria. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p.166-170, dez. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Pelotas: nov. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.htm>>. Acesso em: 04 dez. 2013.

FERREIRA, Alfredo Gui; BORGHETTI, Fabian. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed S.A., 2004.

FERREIRA, Robério Anastácio et al. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de capitão-do-campo (*Terminalia argentea* Mart. & Zucc. – COMBRETACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 202-209, 1998.

FRANCO, Daniel Fernandes; PETRINI, José Alberto. **Testes de vigor em sementes de arroz**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **El arroz es la vida**. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/newsroom/ES/focus/2004/36887/index.html>>. Acesso em: 04 dez. 2013.

GASPAR, Carolina Maria; NAKAGAWA, João. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 82-89, 2002.

GUIMARÃES, Marcelo de Almeida; DIAS, Denise Cunha Fernandes dos Santos; LOUREIRO, Marcelo Ehlers. Hidratação de Sementes. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 31, jun./ago. 2008.

HAMPTON, John G. Conductivity test. In: VAN DER VENTER, Hans A. **Seed vigor testing seminar**. Zurich: ISTA, 1995. P.10-28.

HAMPTON, John G.; COOLBEAR, Paul. Potential versus actual seed performance, can vigor testing provide an answer. **See Science and Technology**, Zurich, v. 18, n. 2, p. 215-228, 1990.

HAMPTON, John G.; TEKRONY, Dennis Merlin. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995.

HOSENEY, Russell Carl. **Principio de ciencia e tecnologia de los cereales**. Zaragoza: Acibia, 1991.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1995.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Área e produção de arroz**. Porto Alegre: 2013. Disponível em: <[http://www.irga.rs.gov.br/upload/20131024101611producao\\_rs\\_e\\_brasil.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20131024101611producao_rs_e_brasil.pdf)>. Acesso em: 04 dez. 2013.

KHUSH, Gurdev Singh. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. **Plant Molecular Biology**, Bethesda, v. 35, n. 2, p. 25-34, jan./fev. 1997.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; MIRANDA, Zilda de Fátima Sgobero. **Relatório do comitê de vigor da ABRATES**. Londrina: ABRATES, 1990.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIERA, Roberval Daiton; NETO, José de Barros França. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

LIMA, Maria da Graça de Souza et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2005.

LIMA, Maria Júlia Dias de. **Influência de altas temperaturas de secagem em sementes de arroz**. Pelotas: UFPEL, 1997. 92 p. Tese (Doutorado) - Projeto de Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1997.

LIMA, Tricia Costa. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2005. 75 p. Dissertação (Mestrado) - Comissão de Pós-Graduação do Instituto Agrônomo, Campinas, 2005.

LOEFFLER, Tim M.; TEKRONY, Dennis Merlin; EGLI, Dennis B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal Seed of Technology**, Lincoln, v.12, n.1, p. 37-53, 1988.

LOPES, Higinio Marcos et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes osmocondicionadas de cenoura. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.18, n. 1, p. 115-124, 2011.

LOPES, Rodrigo Ramos; FRANKE, Lúcia Brandão. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Porto Alegre, v. 32, n. 1 p.123-130, 2010.

MAGUIRE, Jack D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, Júlio; CÍCERO, Silvio Moure; SILVA, Walter Rodrigues da. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987.

MARCOS FILHO, Júlio et al. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p.1805-1815, dezembro. 1990.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

MARCOS FILHO, Júlio. Teste de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Daiton; NETO, José de Barros França. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. Cap. 1. P. 1-24.

MARCOS FILHO, Júlio. Teste de Envelhecimento Acelerado. In: VIEIRA, Roberval Daiton; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; NETO, José de Barros França. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. Cap. 3. P. 1-24.

MARKUS, Ruben. **Elementos de estatística aplicada**. Porto Alegre: DALC, 1973.

MCDONALD, Miller B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**. Beltsville, v. 65, n. 5, p. 109-139, jun./set. 1975.

MELLO, Vera Delfina C.; TILLMANN, Maria Ângela A. O teste de vigor em câmara de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 93-102, 1987.

MENEZES, Nilson Lemos de; Da SILVEIRA, Terezinha Lúcia Denardin da; PASINATTO, Paulo Roberto. Comparação entre métodos para avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 121-127, 1994.

MENEZES, Nilson Lemos de; Da SILVEIRA, Terezinha Lúcia Denardin da. Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 350-359, maio/ago. 1995.

MURPHY, J. Brad; NOLAND, Thomas L. Temperature effects on seed imbibitions and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 69, n. 2, p. 428-431, fevereiro. 1982.

OHLSON, Osvaldo de Castro. **Desempenho de testes fisiológicos para avaliação do vigor da semente de trigo**. Curitiba: UFPR, 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado) - Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PEREZ, Sônia Cristina J. G. de A.; PRADO, Carlos Henrique B. de A. Efeitos de diferentes tratamentos pré-germinativos e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* DESF. **Revista Brasileira de Sementes**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 115-118, 1993.

POPINIGIS, Flavio. **Fisiologia da semente**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior/ Ministério da Educação e Cultura (ABEAS/MEC), 1985.

QUEIROGA, Vicente de Paula; CASTRO, Lílian Batista de Queiroz; GOUVEIA, Josivanda Palmeira Gomes de. **Testes de vigor em sementes de algodão herbáceo submetidas ao processo de deslincamento químico**. 2005. Trabalho apresentado ao V Congresso Brasileiro de Algodão, Salvador, 2005.

RIBAS, Luciana Lopes Fortes; FOSSATI, Luis Cláudio; NOGUEIRA, Antonio Carlos. Superação da dormência de sementes de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze MARICÁ). **Revista Brasileira de Sementes**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 98-101, 1996.

RIBEIRO, Deise Menezes et al. Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes em milho-pipoca (*Zea mays* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 772-776, nov./dez. 2009.

RODO, Angélica Brod et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Foz do Iguaçu, v. 20, n. 1, p. 29-38, 1998.

RODO, Angélica Brod; TILLMANN, Maria Ângela André; VILLELA, Francisco Amaral. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 20, n. 1, p. 23-28, 1998.

SILVEIRA, Maria Angélica. M.; MORAES, Dario M. de; LOPES, Nei Fernandes. Germinação e vigor de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 22, n. 2, p. 145-152, 2000.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Gravatal: SOSBAI, 2012.

SMIDERLE, Oscar José et al. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) submetidas ao ataque de *Rhizopertha dominica* Frabricius e *Sitophilus* sp. durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 19, n. 1, p. 1-8, 1997.

SOUZA, Luiz Antônio de (Org). **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: TODAPALAVRA, 2009.

SOUZA, Lilian Christian Domingues de et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz da região de Matupá-MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 3, p. 110-116, 2005.



TEKRONY, Dennis Merlin. Accelerated ageing test. In: VAN DE VENTER, Hans A. **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: ISTA, 1995. P. 53-72.

TOMES, L. J.; TEKRONY, Dennis Merlin; EGLI, Dennis B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lexington, v. 12, n. 1, p. 24-35, 1988.

TORRES, Salvador B.; SANTOS, Dora S. Barbosa dos. Superação de dormência em sementes de *Acacia senegal* (E.) willd. e *Parkinsonia aculeata* (E.). **Revista Brasileira de Sementes**, Petrolina, v. 16, n. 1, p. 54-57, 1994.

TRIOLA, Mário F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

TUBON, Ernesto Taan; AZEREDO, Mário Sérgio de Lima. **Tecnologia de Pós-Produção de Arroz**. Aracajú: CODEVASF, 1983.

VAZQUEZ, Gisele Herbst; BERTOLIN, Danila Comelis; SPEGIORIN, Carolina Natis. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 18-24, jan./mar. 2011.

VIEIRA, Roberval Daiton; CARVALHO, Nelson Moreira de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FINEP, 1994.

VIEIRA, Roberval Daiton; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, Roberval Daiton; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; NETO, José de Barros França. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 4. P. 1-28.

WRASSE, Cátia Fernanda et al. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 107-114, 2009.